

特開平4-324335

(43) 公開日 平成4年(1992)11月13日

(51) Int.Cl.<sup>3</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 1 M 11/00

U 8204-2G

G 0 2 F 1/00

8106-2K

審査請求 未請求 請求項の数2(全9頁)

(21) 出願番号

特願平3-122106

(22) 出願日

平成3年(1991)4月24日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(72) 発明者 清水 哲也

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 小林 隆夫

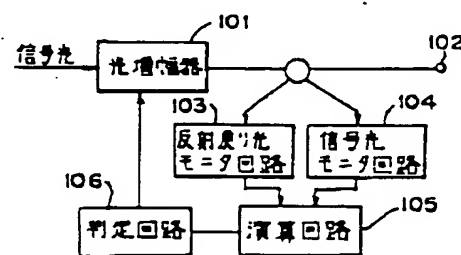
BEST AVAILABLE COPY

(54) 【発明の名称】 光増幅器の高光出力保護回路

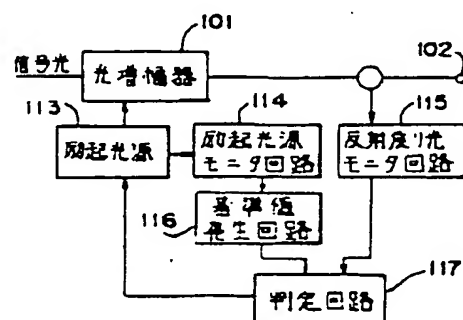
(57) 【要約】

【目的】 本発明は光増幅器の高光出力保護回路に関し、光増幅器の出力端側が開放された場合に自動的にこの出力端側から高光出力が出射されないようにすることで、高光出力を誤って目に入れるなどの危険を防止することを目的とする。

【構成】 光増幅器101から出力される信号光の大きさをモニタする信号光モニタ回路104と、光増幅器101の出力端102側からの反射戻り光の大きさをモニタする反射戻り光モニタ回路103と、信号光モニタ回路104で検出した信号光の大きさと反射戻り光モニタ回路103で検出した反射戻り光との比を求める演算回路105と、演算回路105で求めた比を所定の基準値と比較することで光増幅器101の出力端102側の開放/接続の状態を判定する判定回路106とを備え、判定回路106により出力端102側が開放状態と判定された時には光増幅器101からの信号光出力の大きさを下げるように構成される。



〔 A 〕



〔 B 〕

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光増幅器(101)から出力される信号光の大きさをモニタする信号光モニタ回路(104)と、該光増幅器の出力端(102)側からの反射戻り光の大きさをモニタする反射戻り光モニタ回路(103)と、該信号光モニタ回路で検出した信号光の大きさと該反射戻り光モニタ回路で検出した反射戻り光との比を求める演算回路(105)と、該演算回路で求めた比を所定の基準値と比較することで光増幅器の出力端側の開放／接続の状態を判定する判定回路(106)とを備え、該判定回路により出力端側が開放状態と判定された時には該光増幅器からの信号光出力の大きさを下げるように構成された光増幅器の高光出力保護回路。

【請求項2】 光増幅器(101)の励起光源(113)の状態をモニタする励起光源モニタ回路(114)と、該光増幅器の出力端側からの反射戻り光の大きさをモニタする反射戻り光モニタ回路(115)と、該励起光モニタ回路でモニタされた励起光源の状態に応じた大きさの基準値を発生する基準値発生回路(116)と、該反射戻り光モニタ回路で検出された反射戻り光を該基準値発生回路からの基準値と比較することで出力端側の開放／接続の状態を判定する判定回路(117)とを備え、該判定回路により出力端側が開放状態と判定された時には該光増幅器からの信号光出力の大きさを下げるように構成された光増幅器の高光出力保護回路。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は光増幅器の高光出力保護回路に関する。電子回路の分野で増幅器があらゆる機器構成の基本となるように、光通信の分野でも光を直接増幅できる光増幅器は、光通信システムの高機能化、高性能化に不可欠な要素であり、世界の主要な通信研究機関で盛んに研究されており、現状では実用化段階を迎えようとしている。かかる光増幅器ではその高光出力が誤って人の目に入ると目を傷つけることになるので、何らかの保護が必要とされている。

## 【0002】

【従来の技術】光増幅器は半導体光増幅器、希土類添加ファイバ光増幅器、ラマン光増幅器の三つに大別される。

【0003】半導体光増幅器は基本的にはレーザダイオードと同様に、電流注入による半導体活性層の利得機構を利用し、デバイスを発振しきい値以下で動作させて、外部からの注入光に対する光増幅作用を得るものである。

【0004】希土類添加ファイバ光増幅器はファイバのコア部に、Nd<sup>3+</sup>、Er<sup>3+</sup>などの希土類元素を添加した光ファイバを増幅媒質として用いるもので、特にEr<sup>3+</sup>添加光ファイバは波長1.55μm帯にレーザ遷移周波数を有しているので、この波長域での光増幅が可能であ

り、光通信システムへの適用が期待されている

【0005】ラマン光増幅器は非線形光学効果である誘導ラマン散乱現象を利用して励起光から信号光への光パワー変換過程によって増幅作用を得るものである。これらの光増幅器の光通信システムへの適用形態としては、光増幅中継器、光前置増幅器、光ブースタ増幅器などが考えられている。

【0006】ところで、これらの光増幅器を用いて光送信器の出力を増幅して出力する場合、光増幅器出力に数10～数100mWの高出力光が出射されることになる。このような高出力光が誤って目に入ると、目を傷つける危険があるため、何らかの保護が必要となる。

【0007】従来、このような高出力光の保護対策として例えば図6に示されるような保護カバーを用いるものがある。この保護カバー61は光増幅器64の出力端となる光レセプタクル63を覆うカバーであり、使用時にはこの保護カバー61をずらして光レセプタクル63を露出させ、これに他の機器あるいは伝送路に接続するための短尺光ファイバ62を接続するものである。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述の保護カバーは高光出力に対する保護というよりもむしろ、光レセプタクルに対する防塵対策といった意味合いが強かった。

【0009】このため、ファイバ光増幅器の出力光を他の機器あるいは伝送路に短尺ファイバで接続する場合には、短尺ファイバの出力端からは相変わらず高光出力が出射されるため、保護カバーは高光出力の保護対策としてのその役割を果たさなくなってしまう。特にファイバ光増幅器の出力に短尺ファイバを接続したままその出力端を開放してクリーニングしようとした場合、クリーニング状態を確かめようとして短尺ファイバの出力端をつい覗き込んでしまうことが多いため、高光出力を目に入れてしまう危険性がある。

【0010】もちろん、これらの作業をする時に光増幅器の電源をオフにすれば危険を回避することができるが、作業の度に光増幅器の電源をオン／オフすることは煩わしいものである。

【0011】本発明はかかる事情に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、光増幅器の出力端側が開放された場合に自動的にこの出力端側から高光出力が出射されないようにすることで、高光出力を誤って目に入れるなどの危険を防止することにある。

## 【0012】

【課題を解決するための手段】図1は本発明に係る原理説明図である。本発明に係る光増幅器の高光出力保護回路は、一つの形態として、図1の(A)に示されるように、光増幅器101から出力される信号光の大きさをモニタする信号光モニタ回路104と、光増幅器101の出力端102側からの反射戻り光の大きさをモニタする

3

4

反射戻り光モニタ回路103と、信号光モニタ回路104で検出した信号光の大きさと反射戻り光モニタ回路103で検出した反射戻り光との比を求める演算回路105と、演算回路105で求めた比を所定の基準値と比較することで光増幅器101の出力端102側の開放/接続の状態を判定する判定回路106とを備え、判定回路106により出力端102側が開放状態と判定された時には光増幅器101からの信号光出力の大きさを下げるように構成される。

【0013】また本発明に係る光増幅器の高光出力保護回路は、他の形態として、図1の(B)に示されるように、光増幅器101の励起光源113の状態をモニタする励起光源モニタ回路114と、光増幅器101の出力端102側からの反射戻り光の大きさをモニタする反射戻り光モニタ回路115と、励起光源モニタ回路114でモニタされた励起光源113の状態に応じた大きさの基準値を発生する基準値発生回路116と、反射戻り光モニタ回路115で検出された反射戻り光を基準値発生回路116からの基準値と比較することで出力端102側の開放/接続の状態を判定する判定回路117とを備え、判定回路117により出力端102側が開放状態と判定された時には光増幅器101からの信号光出力の大きさを下げるように構成される。

【0014】

【作用】前者の形態の光増幅器の高光出力保護回路では、光増幅器101から出力される信号光の大きさと出力端102側からの反射戻り光の大きさをそれぞれ信号光モニタ回路104と反射戻り光モニタ回路103でモニタし、その比を演算回路105で求める。この比は、光増幅器101のオン、オフの状態あるいはその利得に係わらず、出力端102側が開放で反射戻り光が大きい場合には所定の基準値よりも大きく、出力端102側が接続で反射戻り光が少ない場合には基準値よりも小さくなるので、判定回路106はこれにより出力端102側が開放されているか接続されているかを判定できる。

【0015】この判定結果により、出力端102側が接続されている場合には光増幅器101から高光出力を出力するようにし、一方、開放されている場合には光増幅器101をオフにする、あるいはその増幅率を落とすなどして光増幅器101からの信号光出力の大きさを下げる。これにより、出力端102側の開放時には高光出力が出力されないようになるので、高光出力を誤って目に入れるような危険をなくすることができる。

【0016】後者の形態の光増幅器の高光出力保護回路では、光増幅器101の励起光源113の状態を励起光源モニタ回路114でモニタし、一方、光増幅器101の出力端102側からの反射戻り光の大きさを反射戻り光モニタ回路115でモニタする。基準値発生回路116は励起光源モニタ回路114でモニタされた励起光源113の状態に応じた大きさの基準値を発生する。例え

ば励起光源がオンの時に第1の基準値、オフの時にそれよりも低い第2の基準値を発生する。

【0017】判定回路117は反射戻り光モニタ回路115で検出された反射戻り光を基準値発生回路116からの基準値と比較することで出力端102側の開放/接続の状態を判定する。例えば励起光源がオンの状態で光増幅器101が通常の増幅作用を持っている場合には、反射戻り光が上述の第1の基準値よりも大きい時に出力端102側が開放状態、小さい時に接続状態と判定する。この判定の結果、出力端102側が開放状態の時には励起光源をオフにするなど、光増幅器101から出力される信号光出力の大きさを下げる。

【0018】この結果、反射戻り光の大きさも下がるので、基準値発生回路116からの基準値を例えば上述の第1の基準値よりも小さい第2の基準値とし、この第2の基準値を超えるか否かで、出力端102側が開放か接続かを判断するようにする。出力端102側が再び接続状態となった時には反射戻り光の大きさがこの第2の基準値を超えるので、再び励起光源103をオンにするなどして光増幅器101からの出力を高光出力とする。これにより光増幅器101はもとの状態に戻る。

【0019】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の実施例を説明する図2には本発明の一実施例としての光増幅器の高光出力保護回路が示される。この実施例は光増幅器として希土類添加ファイバ光増幅器を用い、これを光ブースタ増幅器に適用した場合の例である。

【0020】図2において、20は希土類添加ファイバとしてEr<sup>3+</sup>添加ファイバ200を用いて光送信器からの信号光を増幅する光増幅器であり、Er<sup>3+</sup>添加ファイバ200を前方向励起するための駆動回路205、励起レーザダイオード203、WDM(波長多重)カブラ201と、後方向励起するための駆動回路206、励起レーザダイオード204、WDMカブラ202とを含み構成される。この光増幅器20は駆動回路205、206がオンされている時に20dBmの増幅率を持つものとし、駆動回路205、206がオフされると光送信器からの信号光を増幅せずに単に通過させるようになっている。

【0021】21は光方向性結合器としての光カブラであり、4つの端子①～④を有し、端子①には光増幅器20からの増幅信号光が入力され、端子③は光ブースタ増幅器2の出力端としての光コネクタ4に接続される。残りの端子②、④にはそれぞれ受光器22、23が接続される。ここで、光カブラ21はその分岐比が9:1となっており、その端子①に入力された光増幅器の増幅信号光が端子③、④に9:1の割合で分岐されて出力され、また端子③に入力された光コネクタ4側からの反射戻り光が端子②、①に9:1の割合で分岐されて出力される。なお光カブラ21の分岐比はシステムで要求される

光ブースタ増幅器の利得と光カプラ21の入出力に設けた受光器22、23の感度との兼ね合いにより決定される。

【0022】受光器23は光増幅器20からの信号光をモニタするためのものであり、その受光出力は対数増幅器25に入力されてその大きさが対数値に変換される。また受光器22は光コネクタ4側からの反射戻り光をモニタするためのものであり、その受光出力は対数増幅器24に入力されてその大きさが対数値に変換される。これらの受光器の検波効率は $1A/W$ であるものとする。このように受光器22、23の検波効率を等しくすれば、光カプラ21は対称であるので、受光器22には反射戻り光電力に比例した出力が、また受光器23には信号光電力に比例した出力が得られるものである。

【0023】対数増幅器24、25は二つの受光器22、23の出力をリニア量で比較するのはレベル差があり過ぎるので、これらの出力を対数化して比較しやすい量に変換するものである。26はこれら対数増幅器24、25の出力がそれぞれ入力されてその差分を求める差動増幅器である。したがってこの差動増幅器26から出力される差分値は受光器22、23の出力を対数除算したものとなり、受光器22と23の出力の比、すなわち信号光電力と反射戻り光電力の比に相応する。この差分値は比較器28に入力される。

【0024】比較器28には基準電圧発生回路27から基準電圧 $V_{ref}$ が入力されており、比較器28は差動増幅器26からの差分値をこの基準電圧 $V_{ref}$ と比較し、その結果に基づき差分値が基準電圧 $V_{ref}$ を超えなければ駆動回路205、206をオンする制御信号を、また基準電圧 $V_{ref}$ を超えればオフする制御信号を発生し、この制御信号をそれぞれ駆動回路205、206に与えるよう構成される。この基準電圧 $V_{ref}$ は、光コネクタ4側から反射戻り光がある場合（短尺光ファイバ3のコネクタ端が開放状態となっている場合）の差動増幅器26の出力電圧と、反射戻り光がない場合（コネクタ端が接続状態となっている場合）の差動増幅器26の出力電圧との中点に設定される。この光コネクタ4には短尺光ファイバ3が接続され、この短尺光ファイバ3を介して光ブースタ増幅器2を他の機器や伝送路に接続できる。

【0025】以下、この実施例装置の動作が説明される。ここで、短尺光ファイバ3は、その出力端が他の機器に接続されている場合には反射戻り光が-30dB（約0.1%の戻り光）となり、開放されている場合には-14dB（約4%の戻り光）となるものとして説明を行う。ここで、説明を簡単化するために、ファイバ、コネクタの損失および光カプラの挿入損失などは無視する。

【0026】受光器23は光増幅器20からの信号光電力をモニタしており、一方、受光器22は短尺光ファイバ3側からの反射戻り光電力をモニタしている。この受

光器22と23の出力を次段の対数増幅器24、25で対数化して差動増幅器26によりそれらの差をとる。すなわち信号光電力と反射戻り光電力を対数除算することでその比を求めたことになる。

【0027】いま、図3の(a)に示されるように、光増幅器20がオンの状態で、かつ短尺光ファイバ3のコネクタ端が接続状態にあるものとする。この場合、光増幅器20で20dBmに増幅された信号光は、接続状態にあるコネクタ端で-30dBが反射されて、光カプラの④の端子に-10dBmの反射戻り光が戻り、受光器22には-20dBmの反射戻り光電力が検出される。一方、受光器23には10dBmの信号光電力が検出される。これらに対数除算（対数増幅器24、25、差動増幅器26による演算）すると、-30dBの出力が得られる。

【0028】次に、図3の(b)に示されるように、光増幅器がオンの状態で、かつ短尺光ファイバ3のコネクタ端が開放状態にあるものとする。この場合、光増幅器20で20dBmに増幅された信号光は、開放状態にあるコネクタ端で-14dBmが反射されて、光カプラの④端子に6dBの反射戻り光が戻り、受光器22には-4dBmの反射戻り光電力が検出される。また、受光器23には10dBmの信号光電力が検出されているので、これらに対数除算すると、-14dBの出力が得られる。

【0029】次に、図3の(c)に示されるように、光増幅器がオフの状態で、かつ短尺光ファイバ3のコネクタ端が開放状態にあるものとする。この場合、光増幅器20からの0dBmの信号光（すなわち増幅されていない信号光）は、開放状態にあるコネクタ端で-14dBmが反射されて、光カプラの④端子に-14dBmの反射戻り光が戻り、受光器22には-24dBmの反射戻り光電力が検出される。また、受光器23には-10dBmの信号光電力が検出されているので、これらに対数除算すると、-14dBの出力が得られる。

【0030】更に、図3の(d)に示されるように、光増幅器がオフの状態で、かつ短尺光ファイバ3のコネクタ端が接続状態にあるものとする。この場合、光増幅器20からの0dBmの信号光は、接続状態にあるコネクタ端で-30dBmが反射されて、光カプラの④端子に-30dBmの反射戻り光が戻り、受光器22には-40dBmの反射戻り光電力が検出される。また、受光器23には-10dBmの信号光電力が検出されているので、これらに対数除算すると、-30dBの出力が得られる。

【0031】このように、差動増幅器26の出力には、光増幅器20のオン、オフあるいは利得変動にかかわらず、短尺光ファイバ3の出力端が接続されている場合には信号光の-30dBmに比例した出力が、開放されている場合には-14dBmに比例した出力が得られるの

で、これを $-30\text{ dBm}$ と $-14\text{ dBm}$ の midpoint に設定された基準電圧 $V_{\text{ref}}$ （例えば $-24\text{ dBm}$ に相応する電圧）と比較することで、短尺光ファイバ3の出力端が開放されているか、接続されているかを判定できる。この判定の結果、出力端が接続されている場合には、駆動回路205、206をオンにするよう制御信号を与えて光送信器からの信号光を光増幅器20で増幅して高光出力を出力し、一方、開放されている場合には駆動回路205、206をオフにするよう制御信号を与えて光増幅器20の増幅作用を停止して光送信器からの信号光を増幅せずにそのまま出力するようにして高光出力が出力されないようにする。

【0032】上述した実施例では、短尺光ファイバ3の出力端の接続、開放に応じて光増幅器20をオン、オフするようにしたが、本発明はこれに限られるものではなく、開放状態時に光増幅器20をオフするまでせずに危険のないようにその増幅率を下げるものであってもよい。また、上述の実施例では、光増幅器として希土類添加ファイバ光増幅器を用いているが、もちろん本発明はこれに限られるものではなく、ラマン光増幅器あるいは半導体光増幅器を光増幅器として用いる場合にも適用できる。

【0033】図4には本発明の他の実施例が示される。この実施例は後方向励起方式のファイバ光増幅器を光ブースタ増幅器5として用いる場合のものである。図中、50は $E_{\text{r}}^{\text{in}}$ 添加ファイバであり、この $E_{\text{r}}^{\text{in}}$ 添加ファイバ50には駆動回路57、励起レーザダイオード58、WDMカブラ51から後方向に励起光が供給されており、それにより光送信器1からの信号光を増幅して光コネクタ4に接続された短尺光ファイバ3に出力する。

【0034】受光器53は励起レーザダイオード58の励起光の大きさをモニタする受光器であり、この受光器53の出力は基準電圧発生回路55に入力される。基準電圧発生回路55はこの受光器53の出力に応じて、レーザダイオード58から励起光が出力されている時には第1の基準電圧 $V_{\text{ref1}}$ を、励起光が出力されていない時には第2の基準電圧 $V_{\text{ref2}}$ を出力して、これを比較器56に与えるようになっている。

【0035】信号光と励起光を合波するWDMカブラの余剰端には受光器52に設けられており、この受光器52は短尺光ファイバ3からの反射戻り光をモニタするようになっている。この受光器52の出力は増幅器54で増幅されて比較器56に入力されるよう構成される。比較器56は受光器52で検出された反射戻り光の大きさを基準電圧発生回路55からの基準電圧と比較することで、短尺光ファイバ3側から反射戻り光があるか否か（すなわち出力コネクタ端が開放されているか否か）を判定し、反射戻り光がある場合には励起レーザダイオード58をオフし、ない場合にはオンするよう制御信号を発生して駆動回路57に出力するように構成される。

【0036】以下、この実施例装置の動作が説明される。まず、光増幅器がオンの状態でかつ光ブースタ増幅器5の出力側に接続した短尺光ファイバ3が他の機器あるいは伝送路に接続されている状態の場合について述べる。この場合、励起光レーザダイオード58からは励起光が発生されていて光増幅器は増幅作用を行っており、受光器53はその励起光の発生をモニタしていて、それに応じて基準電圧発生回路55からは図5に示されるように第1の基準電圧 $V_{\text{ref1}}$ が発生されている。

【0037】この場合、反射戻り光はほとんどないので（実際には信号光の $-30\text{ dB}$ 程度の戻り光がある）、反射戻り光モニタ用の受光器52の出力電圧は図5中に点aで示されるように、設定された第1の基準電圧 $V_{\text{ref1}}$ 以下となる。これにより比較器56からは、駆動回路57をオン、すなわち励起光源をオンのままにするように制御信号が出力される。

【0038】次に、光増幅器がオンの状態でかつ短尺光ファイバ3のコネクタ端が開放された場合、このコネクタ端で $-14\text{ dB}$ 程度の反射戻り光が発生する。これにより受光器52の出力側には、増幅された信号光電力に比例した電圧が現れる。これにより受光器52の出力電圧は図5中に点bで示されるように第1の基準電圧 $V_{\text{ref1}}$ を超えることになる。すると、これが比較器56で判定されて、駆動回路57をオフ、すなわち励起光源をオフにするので、光送信器1からの信号光は $E_{\text{r}}^{\text{in}}$ 添加ファイバ50で増幅されることなくそのまま短尺光ファイバ3側に出力される。

【0039】このように光増幅器が増幅作用を持つ時と持たない時では、反射戻り光の大きさが変化することになるが、増幅作用を持たない時にはそれが受光器53の出力電圧に基づいて判定されて基準電圧発生回路55で設定される基準電圧が第1の基準電圧 $V_{\text{ref1}}$ よりも低い第2の基準電圧 $V_{\text{ref2}}$ となる。この結果、光増幅器がオフでかつ短尺光ファイバ3の出力端が開放されている時には、受光器52の出力電圧も光増幅器の利得分だけ低いものとなるが、その場合でも図5中の点cに示されるように第2の基準電圧 $V_{\text{ref2}}$ 以上であるため励起光源はオフのままに維持される。

【0040】さらに光増幅器がオフの状態では短尺光ファイバ3を他の機器あるいは伝送路に接続すると、反射戻り光がない状態になるので、受光器52の出力電圧は図5中の点dに示すように第2の基準電圧 $V_{\text{ref2}}$ 以下となり、これにより励起光源が再びオンとなり、最初の状態に復帰する。

【0041】上述の実施例では、WDMカブラの余剰端を利用することでファイバ光増幅器の利得特性を劣化させることなく反射戻り光をモニタして保護機能を付加するようにしているが、もちろん、図2の実施例で説明したような光カブラ21を用いて反射戻り光のモニタと光増幅器のオン/オフを検出することも可能で

ある。また上述の実施例は後方向励起方式のファイバ光増幅器についてのものであるが、上述の光カプラ21等を用いて反射戻り光をモニタするように構成すれば前方向励起方式のファイバ光増幅器に適用することも可能である。またEr<sup>3+</sup>添加ファイバを通常のファイバに置き換えて励起光源をNd:YAGレーザ等の高出力レーザに置き換えることによりラマン増幅器への適用も可能である。

【0042】

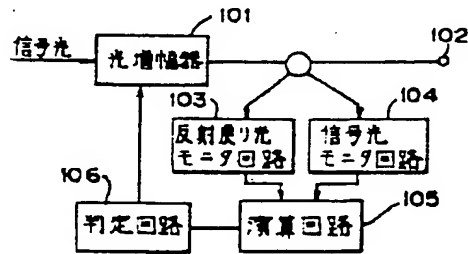
【発明の効果】以上に説明したように、本発明によれば、光増幅器の出力端が開放状態になるとそれから出力される光出力の大きさが自動的に小さくなるので、光増幅器の出力端を開放時にそれからの高光出力を誤って目に入れるといった危険をなくすることができる。またこの制御を信号光、反射戻り光、あるいは励起光源の状態をモニタしつつ行っているの、装置の電源の入れ直しなどを行わなくとも、出力端を接続状態に戻した時には自動的に高光出力のものとの状態に戻すことができるので、操作が非常に簡便である。

【図面の簡単な説明】

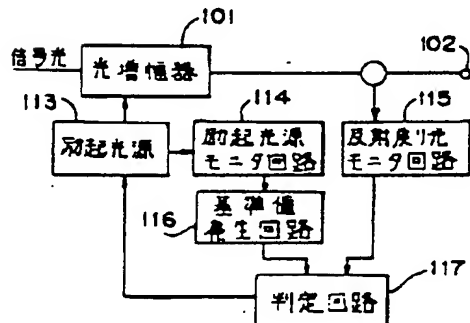
【図1】本発明に係る原理説明図である。

【図2】本発明の一実施例としての光増幅器の高光出力保護回路を示す図である。

【図1】



〔 A 〕



〔 B 〕

【図3】図2の実施例装置の動作を説明するための図である。

【図4】本発明の他の実施例としての光増幅器の高光出力保護回路を示す図である。

【図5】図4の実施例装置の動作を説明するための図である。

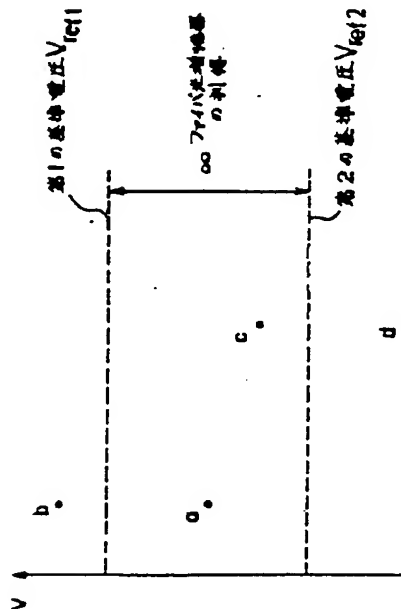
【図6】従来例を説明するための図である。

【符号の説明】

- 1 光送信器
- 2、5 光ブースタ増幅器
- 3 短尺光ファイバ
- 4 光コネクタ
- 21 光カプラ
- 22、23、52、53 受光器
- 24、25 対数増幅器
- 26 差動増幅器
- 28、56 比較器
- 27、55 基準電圧発生回路
- 200、50 Er<sup>3+</sup>添加光ファイバ
- 51、201、202 WDMカプラ
- 57、205、206 駆動回路
- 58、203、204 励起レーザダイオード

【図5】

基準電圧の設定の説明

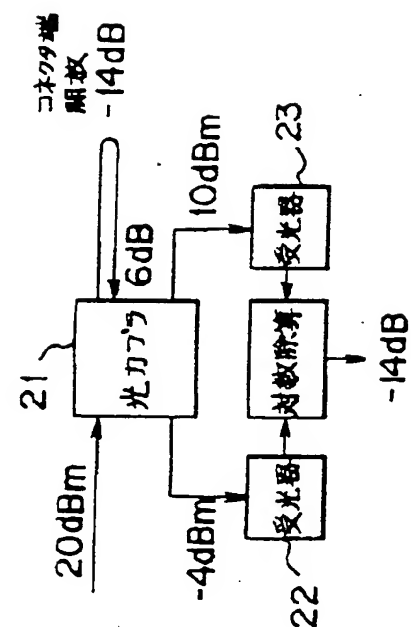


- a: 出力端開放 励起光源オン  
b: 開放 励起光源オン  
c: 開放 励起光源オフ  
d: 開放 励起光源オフ

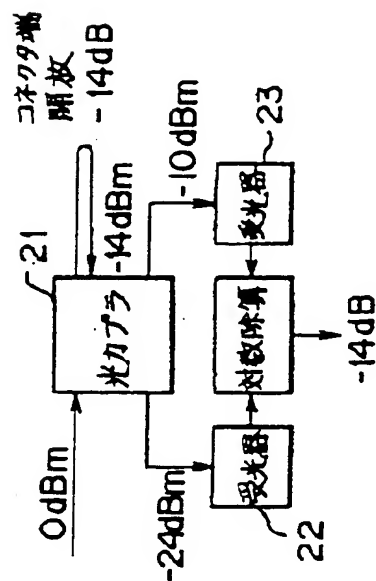


【図3】

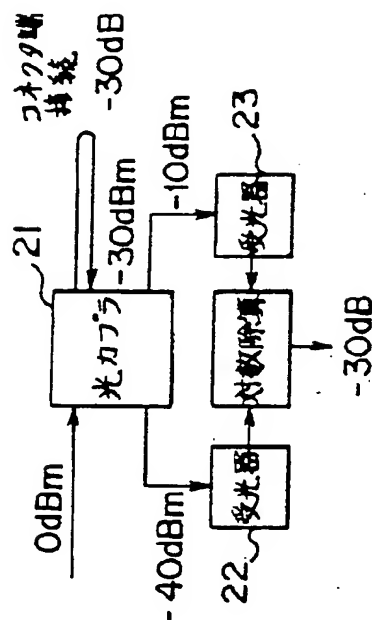
## 各部のパワーの説明



(a) 光増幅器オン、コネクタ端接続



(b) 光増幅器オン、コネクタ端開放



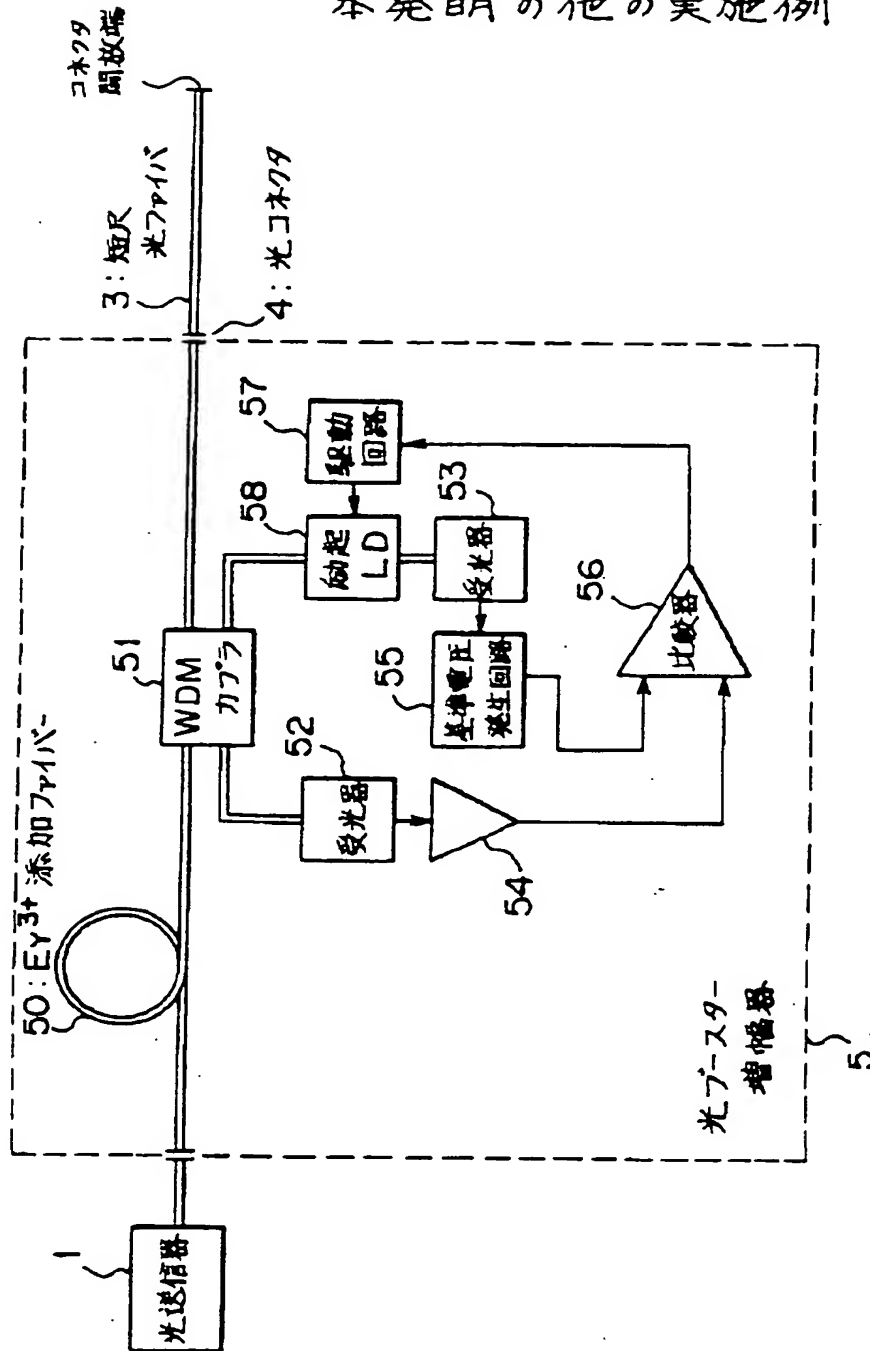
(c) 光増幅器オフ、コネクタ端接続

(d) 光増幅器オフ、コネクタ端開放



【図4】

本発明の他の実施例



This Page Blank (uspto)

This Page Blank (uspto)

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **04-324335**

(43)Date of publication of application : **13.11.1992**

(51)Int.Cl. G01M 11/00  
G02F 1/00

(21)Application number : **03-122106** (71)Applicant : **FUJITSU LTD**

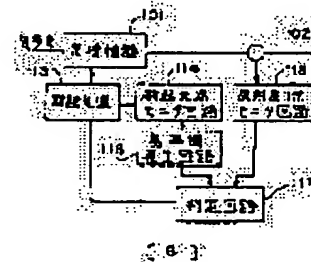
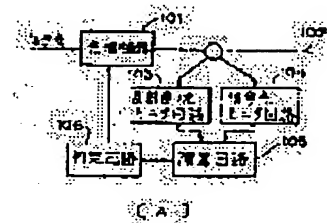
(22)Date of filing : **24.04.1991** (72)Inventor : **KIYONAGA TETSUYA**

## (54) HIGH OPTICAL OUTPUT PROTECTIVE CIRCUIT FOR OPTICAL AMPLIFIER

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To prevent the occurrence of such a dangerous state that a high optical output hits the eye of an operator by automatically preventing the emission of the high optical output from the output end side of an optical amplifier when the output end side is opened.

**CONSTITUTION:** This high optical output protective circuit is provided with a signal light monitor circuit 104 which monitors the magnitude of signal light outputted from an optical amplifier 101, reflected return light monitor circuit 103 which monitors the magnitude of reflected return light from the output end 102 side of the amplifier 101, arithmetic circuit 105 which finds the ratio of the magnitude of the signal light detected by the circuit 104 to that of the reflected return light detected by the circuit 103, and discrimination circuit 106 which discriminates the opened/connected state of the output end 102 side of the amplifier 101 by comparing the ratio found by the circuit 105 with a prescribed reference value. In addition, this protective circuit is constituted to reduce the magnitude of the signal light output from the amplifier 101 when the circuit 106 discriminates that



This Page Blank (uspto)

the output end 102 side is opened.

---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's  
decision of rejection]

[Kind of final disposal of  
application other than the  
examiner's decision of rejection or  
application converted registration]

[Date of final disposal for  
application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

This Page Blank (uspto)

[WHAT IS CLAIMED IS:]

[Claim 1] A high optical output protector circuit comprising: signal light monitor circuit (104) for monitoring the intensity of signal light outputted from optical amplifier (101), reflected returning light monitor circuit (103) for monitoring the intensity of reflected returning light from the output terminal (102) side of the optical amplifier, operation circuit (105) for determining the ratio of the intensity of the signal light detected by the signal light monitor circuit and the intensity of the reflected returning light detected by the reflected returning light monitor, and judging circuit (106) for judging the open/connected condition of the output terminal side of the optical amplifier by comparing the ratio determined by the operation circuit with a predetermined reference value, wherein the intensity of the signal light output from the optical amplifier is lowered when the judging circuit judges that the output terminal side is open.

[Claim 2] A high optical output protector circuit comprising: exciting light source monitor circuit (114) for monitoring the condition of exciting light source (113) of optical amplifier (101), reflected returning light monitor circuit (115) for monitoring the intensity of reflected returning light from the output terminal side of the optical amplifier, a reference

value generator circuit (116) for generating a reference value with an intensity in accordance with the condition of the exciting light source monitored by the exciting light monitor circuit, and judging circuit (117) for judging the open/connected condition of the output terminal side by comparing the reflected returning light detected by the reflected returning light monitor circuit with the reference value from the reference value generator circuit, wherein the signal light output from the optical amplifier is lowered when the judging circuit judges that the output terminal side is in an open condition.

[DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION]

[0001]

[Field of the Invention] The present invention relates to a high optical output protector circuit for an optical amplifier. Just as amplifiers are the basis of various devices in the field of electronic circuits, optical amplifiers which can directly amplify light are essential elements particularly in the field of optical communications in order to realize high functions and high performance for optical communications systems. Optical amplifiers have been actively studied in the world's leading communications research institutions, and at present, the stage of practical use is coming. In such an optical



amplifier, if a high light output enters human eyes by mistake, the eye will be damaged, so that some type of protector is demanded.

[0002]

[Prior Arts] Optical amplifiers are mainly divided into three types, that is, semiconductor optical amplifiers, rare-earth doped fiber optical amplifiers and Raman optical amplifiers.

[0003] A semiconductor optical amplifier is basically constructed in the same way as a laser diode so that a gain mechanism in a semiconductor active layer by means of current supply is used to operate the device at a lower level than a vibration threshold, whereby optical amplifying action for externally supplied light is obtained.

[0004] A rare-earth doped fiber optical amplifier uses an optical fiber, in which a rare-earth element such as  $\text{Nd}^{3+}$ ,  $\text{Er}^{3+}$ , or the like has been doped into the core, as an amplifying medium. In particular, an  $\text{Er}^{3+}$  doped optical fiber has a laser transition frequency in a  $1.55\mu\text{m}$  band, so that optical amplification in this band is possible, and application to optical communications systems has been expected.

[0005] A Raman optical amplifier is constructed so as to obtain amplifying action through an optical power converting process from exciting light to signal light by using stimulated Raman

scattering phenomena. As forms to which these optical amplifiers are applied, optical amplifying repeaters, optical pre-amplifiers, and optical booster amplifiers are considered.

[0006] In a case where an output of an optical transmitter is amplified by these optical amplifiers and outputted, high output light of several tens through several hundreds mW is emitted as an optical amplifier output. If such high output light enters a human eye, the eye may be damaged, so that some protector becomes necessary.

[0007] Conventionally, as a protecting measure against such high output light, for example, a protective cover as shown in Fig. 6 is used in some cases. This protective cover 61 is to cover optical receptacle 63 as the output terminal of optical amplifier 64, and when using this device, this protective cover 61 is slightly shifted to expose the optical receptacle 63, and short-length optical fiber 62 for connection to another device or a connection to a transmission path.

[0008]

[Problems to be Solved by the Invention] However, the effect of the abovementioned protective cover is as a dust-preventive measure for the optical receptacle rather than protection against high optical outputs.

[0009] Therefore, in a case where output light from a fiber optical amplifier is connected to another device or transmission path via a short fiber, the output terminal of the short fiber always emits a high optical output, so that the protective cover does not perform the role of protective measure against high optical outputs any longer. Particularly, in a case where the output terminal of the fiber optical amplifier is open for cleaning while the short fiber is connected to the output, an operator sometimes carelessly looks into the output terminal of the short fiber in order to check the clean condition, whereby the high optical output may enter the operator's eyes.

[0010] Of course, if the power supply of the optical amplifier is turned off during these operations, such a danger can be avoided, however, turning on/off the power supply of the optical amplifier for each operation is troublesome.

[0011] The invention is made in view of the abovementioned circumstances, and the object thereof is to automatically prevent emitting of high optical outputs from an output terminal side when the output terminal side of an optical amplifier is open, and prevent a danger in that high optical outputs enter human eyes by mistake.

[0012]

[Means for Solving Problems] Figs. 1 are principle explanatory views relating to the invention. A high optical output protector circuit for the optical amplifier relating to the invention comprises signal light monitor circuit 104 for monitoring the intensity of signal light outputted from optical amplifier 101, reflected returning light monitor circuit 103 for monitoring the intensity of reflected returning light from output terminal 102 of the optical amplifier 101, operation circuit 105 for determining the ratio of the intensity of the signal light detected by the signal light monitor circuit 104 and the intensity of the reflected returning light detected by the reflected returning light monitor circuit 103, and judging circuit 106 for judging the open/connected condition of the output terminal 102 side of the optical amplifier 101 by comparing the ratio determined by the operation circuit 105 with a predetermined reference value, wherein, when the judging circuit 106 judges that the output terminal 102 side is in an open condition, the intensity of the signal light output from the optical amplifier 101 is lowered.

[0013] The high optical output protector circuit for the optical amplifier relating to another mode of the invention comprises, as shown in Fig. 1(B), exciting light source monitor circuit 114 for monitoring the condition of exciting light

source 113 of optical amplifier 101, reflected returning light monitor circuit 115 for monitoring the intensity of reflected returning light from the output terminal 102 side of the optical amplifier 101, reference value generator circuit 116 for generating an intensity reference value in accordance with the condition of the exciting light source 113 monitored by the exciting light source monitor circuit 114, and judging circuit 117 for judging the open/connected condition of the output terminal 102 side by comparing the reflected returning light detected by the reflected returning light monitor circuit 115 with the reference value from the reference value generator circuit 116, wherein the level of the signal light output from the optical amplifier 101 is lowered when the judging circuit 117 judges that the output terminal 102 side is in an open condition.

[0014]

[Action] In the high optical output protector circuit for the optical amplifier of the former mode, the intensity of signal light outputted from the optical amplifier 101 and the intensity of reflected returning light from the output terminal 102 side are monitored, respectively, by the signal light monitor circuit 104 and reflected returning light monitor circuit 103, and the ratio of these is determined by the

calculation circuit 105. This ratio becomes greater than a predetermined reference value when the output terminal 102 side is open and the intensity of the reflected returning light is greater, and becomes smaller than the reference value when the output terminal 102 side is connected and the intensity of the reflected returning light is smaller. Therefore, the judging circuit 106 can judge whether the output terminal 102 side is open or connected.

[0015] Based on the results of this judgement, if the output terminal 102 side is connected, a high optical output is outputted from the optical amplifier 101, and on the other hand, if the terminal side is open, the optical amplifier 101 is turned off or its amplification rate is lowered to lower the level of the signal light output from the optical amplifier 101. Thereby, when the output terminal 102 side is open, a high optical output is not outputted, so that a danger of high optical outputs entering into eyes can be eliminated.

[0016] In the high optical output protector circuit for the optical amplifier of the latter mode, the condition of the exciting light source 113 of the optical amplifier 101 is monitored by the exciting light source monitor circuit 114, and on the other hand, the intensity of reflected returning light from the output terminal 102 side of the optical amplifier

101 is monitored by the reflected returning light monitor circuit 115. The reference value generator circuit 116 generates a reference value in accordance with the condition of the exciting light source 113 monitored by the exciting light source monitor circuit 114. For example, when the exciting light source is on, this circuit generates a first reference value, and when the exciting light source is off, it generates a second reference value that is lower than the first reference value.

[0017] The judging circuit 117 judges the open/connected condition of the output terminal 102 side by comparing the reflected returning light detected by the reflected returning light monitor circuit 115 with a reference value from the reference value generator circuit 116. For example, in a case where the exciting light source is on and the optical amplifier 101 has normal amplification action, an open condition of the output terminal 102 side is judged when the reflected returning light is greater than the first reference value, and a connected condition is judged when the light is smaller than the reference value. Based on the results of this judgement, the exciting light source is turned off when the output terminal 102 side is open, whereby the intensity of the signal light output to be outputted from the optical amplifier 101 is lowered.

[0018] As a result, since the intensity of the reflected returning light is also lowered, the reference value from the reference value generator circuit 116 is set to be, for example, a second reference value that is smaller than the abovementioned first reference value, and depending on whether or not this second reference value is exceeded, it is judged whether the output terminal 102 side is open or connected. When the output terminal 102 side is connected again, the intensity of the reflected returning light exceeds the second reference value, so that the exciting light source 103 is turned on again to raise the output from the optical amplifier 101 to be a high optical output. Thereby, the optical amplifier 101 returns to the original condition.

[0019]

[Embodiments] Hereinafter, an embodiment of the invention is explained with reference to the drawings. Fig. 2 shows a high optical output protector circuit as an embodiment of the invention. This embodiment is an example of a case where a rare-earth doped fiber optical amplifier is used as an optical amplifier and applied to an optical booster amplifier.

[0020] In Fig. 2, 20 denotes an optical amplifier for amplifying signal light from an optical transmitter by using an  $\text{Er}^{3+}$  doped fiber 200 as a rare-earth doped fiber, which is comprised of



drive circuit 205 for forward exciting the  $\text{Er}^{3+}$  doped fiber 200, exciting laser diode 203, WDM (wavelength division multiplex) coupler 201, drive circuit 206 for rearward exciting, exciting laser diode 204, and WDM coupler 202. This optical amplifier 20 has an amplification rate of 20dBm when the drive circuits 205 and 206 are turned on, and only transmits the signal light from the optical transmitter without amplifying it when the drive circuits 205 and 206 are turned off.

[0021] 21 denotes an optical coupler as an optical directional coupler, which comprises four terminals ① through ④, wherein amplified signal light from the optical amplifier 20 is inputted into the terminal ①, and the terminal ③ is connected to an optical connector 4 as an output terminal of the optical booster amplifier 2. Optical receivers 22 and 23 are connected to the other terminals ② and ④, respectively. Herein, the branching ratio of the optical coupler 21 is 9:1, so that amplified signal light inputted into the terminal ① from the optical amplifier is branched at a ratio of 9:1 and outputted to the terminals ③ and ④. Also, reflected returning light inputted into the terminal ③ from the optical connector 4 side is branched at a ratio of 9:1 and outputted to the terminals ② and ①. The branching ratio of the optical coupler 21 is determined depending on the balance between the gain of the

optical booster amplifier required by the system and the sensitivities of optical receivers 22 and 23 provided at the input and output of the optical coupler 21.

[0022] The optical receiver 23 is for monitoring signal light from the optical amplifier 20, and the light receiving output thereof is inputted into logarithmic amplifier 25 and its intensity is converted into a logarithmic value. The detection efficiencies of these optical receivers are supposed to be  $1A/W$ . Thus, if the detection efficiencies of the optical receivers 22 and 23 are made similar to each other, since the optical coupler 21 is symmetric, the optical receiver 22 obtains an output in proportion to the reflected returning light power, and the optical receiver 23 obtains an output in proportion to the signal light power.

[0023] If the outputs of the two optical receivers 22 and 23 are compared in terms of linear amounts, there is an excessive level difference between them, so that the logarithmic amplifiers 24 and 25 convert these outputs into logarithmic values whereby the comparison becomes easier. 26 denotes a differential amplifier for determining the difference between the outputs of the logarithmic amplifiers 24 and 25 when they are inputted. Therefore, the differential value outputted from this differential amplifier 26 is produced by logarithmically

dividing the outputs of the optical receivers 22 and 23, and corresponds to the output ratio of the optical receivers 22 and 23, that is, the ratio of the signal light power and reflected returning light power. This differential value is inputted into comparator 28.

[0024] A reference voltage  $V_{ref}$  has been inputted into the comparator 28 from reference voltage generator circuit 27, and the comparator 28 compares the differential value from the differential amplifier 26 with this reference voltage  $V_{ref}$ , and based on the results of the comparison, if the differential value does not exceed the reference voltage  $V_{ref}$ , a control signal for turning the drive circuits 205 and 206 on is generated, and when the differential value exceeds the reference voltage  $V_{ref}$ , a control signal for turning the drive circuits off is generated, and the generated control signals are supplied to the drive circuits 205 and 206, respectively. This reference voltage  $V_{ref}$  is set at an intermediate point between an output voltage of the differential amplifier 26 in a case where there is reflected returning light from the optical connector 4 side (the connector terminal of the short-length optical fiber 3 is open) and an output voltage of the differential amplifier 26 in a case where there is no reflected returning light (the connector terminal is connected). The

short-length optical fiber 3 is connected to this optical connector 4, and the optical booster amplifier 2 can be connected to another device or transmission path via this short-length optical fiber 3.

[0025] Hereinafter, operation of the device of this embodiment is explained. Herein, explanation is given on the assumption that, when the output terminal of the short-length optical fiber 3 is connected to another device, the reflected returning light is -30dB (approximately 0.1% returning light), and when the terminal is open, the light is -14dB (approximately 4% returning light). Herein, in order to simplify the explanation, fiber, connector loss and optical coupler insertion loss are ignored.

[0026] The optical receiver 23 monitors signal light power from the optical amplifier 20, and on the other hand, the optical receiver 22 monitors reflected returning light power from the short-length optical fiber 3 side. The outputs of these optical receivers 22 and 23 are converted into logarithmic values by logarithmic amplifiers 24 and 25 at the next stage, and a difference between the values is determined by the differential amplifier 26. That is, by logarithmically dividing the signal light power and reflected returning light power, the ratio of these is determined.

[0027] As shown in Fig. 3(a), it is assumed that the optical amplifier 20 is turned on and the connector terminal of the short-length optical fiber 3 is in a connected condition. In this case, with signal light that is amplified by the optical amplifier 20 to 20dBm, -30dB is reflected at the connector terminal that is in a connected condition, -10dBm reflected returning light returns to the terminal ④, and -20dBm reflected returning light power is detected by the optical receiver 22. On the other hand, the optical receiver 23 detects 10dBm signal light power, and when logarithmically dividing these values, a -30dB output is obtained.

[0028] Next, as shown in Fig. 3(b), it is assumed that the optical amplifier is on and the connector terminal of the short-length optical fiber 3 is open. In this case, in signal light amplified to 20dBm by the optical amplifier 20, -14dBm is reflected at the open connector terminal, and 6dB reflected returning light returns to the terminal ④, and -4dBm reflected returning light power is detected at the optical receiver 22. Also, the optical receiver 23 detects 10dBm signal light power, so that a -14dB output is obtained by logarithmically dividing these values.

[0029] Next, as shown in Fig. 3(c), it is assumed that the optical amplifier is off and the connector terminal of the

short-length optical fiber 3 is open. In this case, in 20 through 0dBm signal light (that is, signal light that has not been amplified), -14dBm is reflected at the connector terminal that is open, -14dBm reflected returning light returns to the terminal ④ of the optical coupler, and -24dBm reflected returning light power is detected at the optical receiver 22. Also, -10dBm signal light power is detected at the optical receiver 23, so that a -14dB output is obtained by logarithmically dividing these values.

[0030] Furthermore, as shown in Fig. 3(d), it is assumed that the optical amplifier is off and the connector terminal of the short-length optical fiber 3 is in a connected condition. In this case, in 20 through 0dBm signal light from the optical amplifier 20, -30dBm is reflected at the connector terminal that is in a connected condition, -30dBm reflected returning light returns to the terminal ④ of the optical coupler, and -40dBm reflected returning optical power is detected at the optical receiver 22. Also, -10dBm signal light power is detected at the optical receiver 23, so that a -30dB output is obtained by logarithmically dividing these values.

[0031] Thus, as an output of the differential amplifier 26, regardless of the turning on/off of the optical amplifier 20 or changes in gain, when the output terminal of the short-

length optical fiber 3 is connected, an output in proportion to -30dBm of the signal light is obtained, and when the output terminal is open, an output in proportion to -14dBm is obtained. Therefore, the obtained output is compared with the reference voltage  $V_{ref}$  (for example, a voltage corresponding to -24dBm) set at an intermediate point between -30dBm and -14dBm, so that it can be judged whether the output terminal of the short-length optical fiber 3 is open or connected. As a result of this judgement, when the output terminal is connected, a control signal for turning the drive circuits 205 and 206 on is supplied and the signal light from the optical transmitter is amplified by the optical amplifier 20 to output a high optical output. On the other hand, when the output terminal is open, a control signal for turning the drive circuits 205 and 206 off is supplied, the amplification action of the optical amplifier 20 is stopped, and signal light from the optical transmitter is outputted as it is without being amplified so as to prevent a high optical output from being outputted.

[0032] In the abovementioned embodiment, the optical amplifier 20 is turned on and off in accordance with the open/connected condition of the output terminal of the short-length optical fiber 3, however, the invention is not limited to this, and an arrangement may be employed in which the optical amplifier

20 is not turned off in the open condition, but is lowered in amplification rate to secure safety. In the abovementioned embodiment, a rare-earth doped fiber optical amplifier is used as the optical fiber, however, needless to say, the invention is not limited to this, and the invention can also be applied to a case where a Raman optical amplifier or semiconductor optical amplifier is used as the optical amplifier.

[0033] Fig. 4 shows another embodiment of the invention. This embodiment shows a case where a rearward exciting type fiber amplifier is used as the optical booster amplifier 5. In the figure, 50 denotes an  $\text{Er}^{3+}$  doped fiber, and exciting light is supplied rearward to this  $\text{Er}^{3+}$  doped fiber 50 from drive circuit 57, exciting laser diode 58, and WDM coupler 51, whereby signal light from the optical transmitter 1 is amplified and outputted to the short-length optical fiber 3 connected to the optical connector 4.

[0034] Optical receiver 53 is for monitoring the intensity of exciting light of the exciting laser diode 58, and the output of this optical receiver 53 is inputted into reference voltage generator circuit 55. In accordance with the output of the optical receiver 53, the reference voltage generator circuit 55 outputs a first reference voltage  $V_{\text{ref}_1}$  when exciting light is outputted from the laser diode 58, and outputs a second



reference voltage  $V_{ref2}$ , when exciting light is not outputted, and the outputted voltage is supplied to comparator 56.

[0035] At the surplus terminal of the WDM coupler for multiplexing signal light and exciting light, optical receiver 52 is provided, and this optical receiver 52 monitors reflected returning light from the short-length optical fiber 3. The output of this optical receiver 52 is amplified by the amplifier 54 and inputted into the comparator 56. The comparator 56 compares the intensity of the reflected returning light detected by the optical receiver 52 with the reference voltage from the reference voltage generator circuit 55 to judge whether or not there is reflected returning light from the short-length optical fiber 3 side (whether or not the output connector terminal is open), and when there is reflected returning light, the comparator turns exciting laser diode 58 off, and when there is no reflected returning light, generates a control signal and outputs it to drive circuit 57.

[0036] Hereinafter, operation of the device of this embodiment is explained. First, a case where the optical amplifier is on, and the short-length optical fiber 3 connected to the output side of the optical booster amplifier 5 is connected to another device or transmission path is explained. In this case, exciting light is generated from the exciting laser diode 58

and shows amplification action, and the optical receiver 53 monitors generation of exciting light, and in accordance with the generation, the first reference voltage  $V_{ref_1}$  is generated from the reference voltage generator circuit 55 as shown in Fig. 5.

[0037] In this case, there is hardly any reflected returning light (in actuality, there is returning light corresponding to approximately -30dB signal light), the output voltage of the optical receiver 52 for a reflected returning optical monitor becomes lower than the set first reference voltage  $V_{ref_1}$  as shown by point a in Fig. 5. Thereby, a control signal is outputted from the comparator 56 to turn the drive circuit 57 on, that is, leave the exciting light source as in an on condition.

[0038] Next, when the optical amplifier is in an on condition and the connector terminal of the short-length optical fiber 3 is opened, approximately -14dB reflected returning light is generated at this connector terminal. Thereby, at the output side of the optical receiver 52, a voltage in proportion to the amplified signal light power is generated. Thereby, as shown by point b in Fig. 5, the output voltage of the optical receiver 52 exceeds the first reference voltage  $V_{ref_1}$ . Then, the comparator 56 judges this and turns the drive circuit 57

off, that is, turns the exciting light source off, so that signal light from the optical transmitter 1 is outputted to the short-length optical fiber 3 side as it is without being amplified in the  $\text{Er}^{3+}$  doped fiber 50.

[0039] Thus, the intensity of the reflected returning light changes between the case where the optical amplifier has amplification action and the case where the amplifier does not have amplification action, and when the amplifier does not have amplification action, this is judged based on the output voltage of the optical receiver 53, and the reference voltage to be set at the reference voltage generator circuit 55 becomes a second reference voltage  $V_{\text{ref}_2}$  lower than the first reference voltage  $V_{\text{ref}_1}$ . As a result, when the optical amplifier is off and the output terminal of the short-length optical fiber 3 is open, the output voltage of the optical receiver 52 also lowers in accordance with the gain of the optical amplifier, however, even in such a case, as shown by point c in Fig. 5, the output voltage is still greater than the second reference voltage  $V_{\text{ref}_2}$ , so that the exciting light source is maintained in an off condition.

[0040] Furthermore, when the short-length optical fiber 3 is connected to another device or transmission path in an off condition of the optical amplifier, there is no reflected

returning light, so that the output voltage of the optical receiver 52 becomes lower than the second reference voltage  $V_{ref_2}$  as shown by point d in Fig. 5, whereby the exciting light source is turned on again and the condition returns to the initial condition.

[0041] In the abovementioned embodiment, by using the surplus terminal of the WDM coupler, reflected returning light is monitored and a protector function is added without deteriorating the gain performance of the fiber optical amplifier, and needless to say, an arrangement can be made in which on/off of the monitor for reflected returning light and optical amplifier is detected by using the optical coupler 21 as explained in the embodiment of Fig. 2. In addition, the abovementioned embodiment employs a rearward exciting type fiber optical amplifier, however, if an arrangement in which reflected returning light is monitored by using the abovementioned optical coupler 21 or the like, the embodiment can also be applied to a forward exciting type fiber optical amplifier. Furthermore, the  $Er^{3+}$  doped fiber is replaced by a normal fiber, and the exciting light source is replaced by a high output laser such as Nd:YAG laser or the like, whereby the embodiment can be applied to a Raman amplifier.

[0042]

[Effects of the Invention] As described above, according to the invention, when the output terminal of the optical amplifier is open, the intensity of an optical output outputted from the output terminal automatically lowers, so that a danger in that a high optical output from the output terminal of the optical amplifier when the terminal is open enters human eyes by mistake can be avoided. Since this control is made while monitoring the condition of signal light, reflected returning light, or the exciting light source, without resetting the power supply for the amplifier, the output terminal can be automatically returned to the initial condition with a high optical output when the output terminal is connected again. Therefore, the operation is very simple.

[BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS]

[Figs. 1] Principle explanatory views relating to the invention.

[Fig. 2] A drawing showing a high optical output protector circuit for the optical amplifier as an embodiment of the invention.

[Figs. 3] Drawings for explaining the operation of the amplifier of the embodiment of Fig. 2.

[Fig. 4] A drawing showing the high optical output protector circuit for the optical amplifier as another embodiment of the

invention.

[Fig. 5] A drawing for explaining the operation of the amplifier of the embodiment of Fig. 4.

[Fig. 6] A drawing for explaining the conventional example.

[Description of Symbols]

- 1      Optical transmitter
- 2, 5   Optical booster amplifier
- 3      Short-length optical fiber
- 4      Optical connector
- 21     Optical coupler
- 22, 23, 52, 53   Optical receiver
- 24, 25      Logarithmic amplifier
- 26      Differential amplifier
- 28, 56      Comparator
- 27, 55      Reference voltage generator circuit
- 200, 50      Er<sup>3+</sup> doped optical fiber
- 51, 201, 202      WDM coupler
- 57, 205, 206      Drive circuit
- 58, 203, 204      Exciting laser diode

[Fig. 1]

[A]

Signal light

101 Optical amplifier

103 Reflected returning light monitor circuit

104 Signal light monitor circuit

105 Operation circuit

106 Judging circuit

[B]

Signal light

101 Optical amplifier

113 Exciting light source

114 Exciting light source monitor circuit

115 Reflected returning light monitor circuit

116 Reference value generator circuit

117 Judging circuit

[Fig. 5]

Explanation of reference voltage setting

First reference voltage  $V_{ref_1}$

Gain of fiber optical amplifier

Second reference voltage  $V_{ref_2}$

a: Output terminal connected, exciting light ON

- b: Output terminal open, exciting light ON
- c: Output terminal open, exciting light OFF
- d: Output terminal connected, exciting light OFF

[Fig. 2]

Embodiment of the invention

- 1      Optical transmitter
- 2      Optical booster amplifier
- 3      Short-length optical fiber
- 4      Optical connector

Connector open terminal

- 200    Er<sup>3+</sup> doped fiber
- 201    WDM coupler
- 202    WDM coupler
- 203    Exciting LD
- 204    Exciting LD
- 205    Drive circuit
- 206    Drive circuit
- 21    Optical coupler
- 22    Optical receiver
- 23    Optical receiver
- 24    Logarithmic amplifier
- 25    Logarithmic amplifier



- 26 Differential amplifier
- 27 Reference voltage generator
- 28 Comparator

[Fig. 6]

Conventional example

(a) Unused condition

(b) During use

64: Device

61: Protective cover

62 Short-length optical fiber with connector

63 Optical receptacle

[Fig. 3]

Explanation of power of each part

(a) Optical amplifier ON, connector terminal connected

21 Optical coupler

Connector terminal connected

22 Optical receiver

Logarithmic division

23 Optical receiver

(b) Optical amplifier ON, connector terminal open

21 Optical coupler

Connector terminal open

22 Optical receiver

Logarithmic division

23 Optical receiver

(c) Optical amplifier OFF, connector terminal open

21 Optical coupler

Connector terminal open

22 Optical receiver

Logarithmic division

23 Optical receiver

(d) Optical amplifier OFF, connector terminal connected

21 Optical coupler

Connector terminal connected

22 Optical receiver

Logarithmic division

23 Optical receiver

[Fig. 4]

Another embodiment of the invention

1 Optical transmitter

50  $\text{Er}^{3+}$  doped fiber

51 WDM coupler

52 Optical receiver

53    Optical receiver  
55    Reference voltage generator circuit  
56    Comparator  
57    Drive circuit  
58    Exciting LD  
5    Optical booster amplifier  
4    Optical connector  
3    Short-length optical fiber  
Connector open terminal

*This Page Blank (uspto)*

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

*This Page Blank (uspto)*